

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 448 165** <sup>(13)</sup> **C2**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[C21C 5/52 \(2006.01\)](#)[H05B 7/148 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 27.11.2014)

(21)(22) Заявка: [2009143807/02](#), 26.11.2009(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.11.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.11.2009

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2011 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: [20.04.2012](#) Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1365375 A1, 07.01.1988. RU 2334926 C2, 27.09.2008. SU 1672732 A1, 05.08.1979. SU 463241 A1, 05.03.1975. RU 82400 U1, 20.04.2009. EP 0429774 A1, 05.06.1991.

Адрес для переписки:

622031, Свердловская обл., г. Нижний Тагил, ул.Красногвардейская, 59, Нижнетагильский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВПО "УрФУ"

(72) Автор(ы):

Иванушкин Виктор Андреевич (RU),  
Сарапулов Федор Никитич (RU),  
Сарапулов Сергей Федорович (RU),  
Исаков Дмитрий Викторович (RU),  
Терехов Антон Юрьевич (RU),  
Гамова Татьяна Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

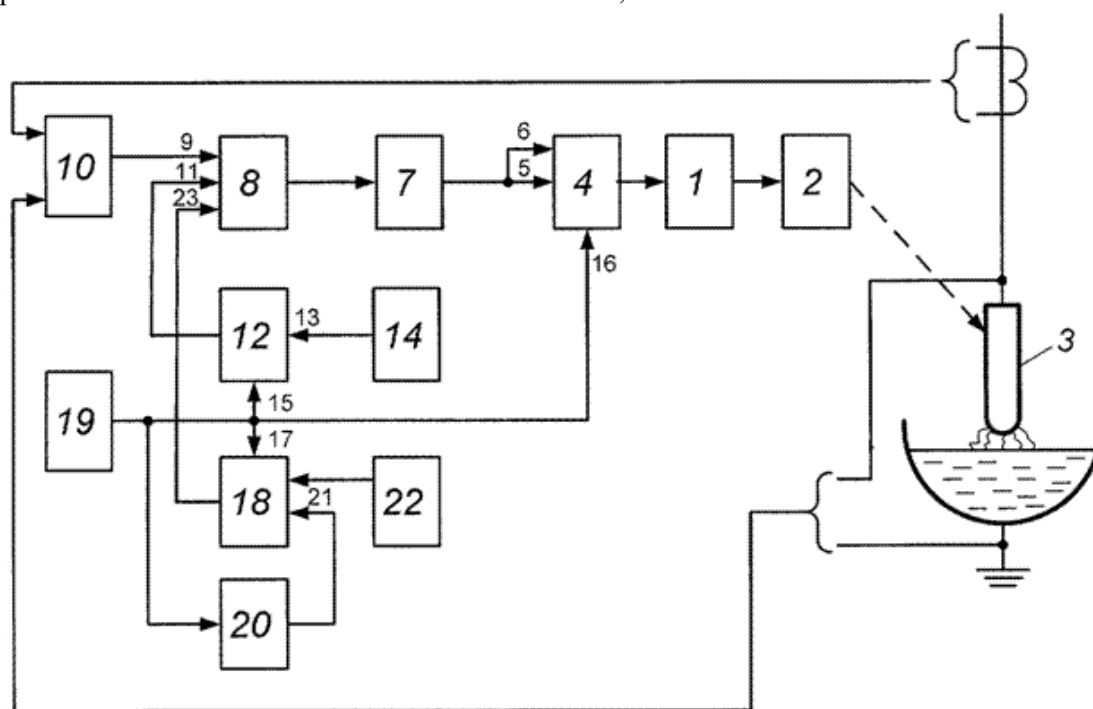
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина" (ФГАОУ ВПО "УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина") (RU)

## (54) РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в частности к автоматическому регулированию мощности дуговых сталеплавильных печей. Регулятор содержит для каждой фазы печи задатчик мощности, первый управляемый ключ с двумя управляющими входами, блок зоны нечувствительности, второй и третий управляемые ключи, второй таймер, два источника постоянного напряжения и сумматор. Выход сумматора соединен с входом первого управляемого ключа и с его первым управляющим входом. Выход первого управляемого ключа соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода. Выход первого таймера соединен с вторым управляющим входом первого управляемого ключа, первый вход которого соединен с выходом задатчика мощности, а второй - с выходом второго управляемого ключа, вход которого соединен с выходом первого источника постоянного напряжения, а первый управляющий вход - со вторым управляющим входом первого управляемого ключа, с первым управляющим входом третьего управляемого ключа, с выходом первого

таймера и с входом второго таймера, выход которого соединен с первым управляющим входом второго управляемого ключа, второй вход которого соединен с выходом второго источника постоянного напряжения смещения, а выход - с третьим входом сумматора. Повышается точность поддержания заданного электрического режима.



Фиг. 1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для регулирования мощности дуговых сталеплавильных печей.

Известен регулятор мощности дуговой сталеплавильной печи, содержащий задатчик мощности, соединенный через блок зоны нечувствительности с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, потенциометр обратной связи по напряжению двигателя, подключенный параллельно якорной цепи двигателя, ключ, выпрямительный мост, стабилитрон и элемент задержки [1].

Данный регулятор работает в режиме реверсивного регулирования на протяжении всего периода плавки и не обеспечивает качественного процесса стабилизации длины электрической дуги в период проплавления колодцев из-за наличия люфтов в механизме перемещения электродов, инерционности устройств измерения напряжения и тока дуги, а также ограниченной области существования электрической дуги. Имеющая место неустойчивость процесса регулирования в начальный период плавки приводит двигатель перемещения электрода к работе с частыми реверсами, которые вместо корректировки вводимой в печь мощности вызывают раскачку системы и еще большее отклонение электрического режима печи от заданного значения.

Известен также регулятор мощности дуговой сталеплавильной печи, содержащий для каждой фазы печи задатчик мощности, соединенный через блок зоны нечувствительности с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, потенциометр обратной связи по напряжению двигателя, подключенный параллельно якорной цепи двигателя, выпрямительный мост, стабилитрон, элемент задержки и ключ, вход которого соединен с выходом элемента задержки, его выход - с выходной диагональю выпрямительного моста, входная диагональ которого зашунтирована стабилитроном, анод которого подключен к выходу блока зоны нечувствительности, а катод через резистор к движку потенциометра обратной связи [2].

Данный регулятор обеспечивает устойчивый процесс стабилизации мощности путем использования нереверсивного регулирования в период проплавления колодцев в шихте, при котором реверсирование двигателя (подъем электрода) механизма перемещения электрода при превышении током дуги заданного значения осуществляется только при эксплуатационных коротких замыканиях. Ликвидация увеличения вводимой в печь мощности в данном регуляторе осуществляется не за счет подъема электрода, а путем прекращения его опускания (при устойчивом

процессе регулирования электроды печи в период прорезки колодцев в шихте периодически опускаются вниз). При малых положительных отклонениях регулируемого параметра от заданного значения своевременный останов быстро ликвидирует увеличение вводимой в печь мощности за счет продолжающегося процесса расплавления шихты и растяжки электрической дуги вследствие стекания расплавленного металла на подину печи.

Недостатком этого регулятора является низкое быстродействие при отработке возмущений, обусловленных эксплуатационными короткими замыканиями в период проплавления колодцев.

Наиболее близким по технической сущности или прототипом является регулятор мощности дуговой сталеплавильной печи, содержащий для каждой фазы печи задатчик мощности, соединенный через блок зоны нечувствительности с входом реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, потенциометр обратной связи по напряжению двигателя, элемент задержки и ключ, вход которого соединен с выходом элемента задержки, а выход - с выходной диагональю выпрямительного моста, подключенного входной диагональю к стабилитрону, катод которого через резистор соединен с движком потенциометра обратной связи, с катодом диода и анодом тиристора, управляющий электрод которого соединен с анодом стабилитрона, а катод тиристора с анодом диода и с выходом блока зоны нечувствительности [3].

Для реализации режима неререверсивного регулирования и повышения быстродействия отработки возмущений, обусловленных эксплуатационными короткими замыканиями в период проплавления колодцев, в структуру этого регулятора включен управляемый ключ с двумя управляющими входами. Причем первый управляющий вход связан с выходом блока зоны нечувствительности элемента, а второй - с выходом элемента задержки (таймера проплавления колодцев), выход - связан с управляющим входом управляемого реверсивного преобразователя. Управляемый ключ в данном регуляторе реализован аппаратно с использованием диода, стабилитрона, тиристора, ключа и выпрямительного моста. Выходной сигнал управляемого ключа в различные периоды плавки определяется в соответствии с табл.1

Таблица 1				
Период плавки	Аналоговый сигнал на первом управляющем входе	Аналоговый сигнал на выходе	Дискретный сигнал на втором управляющем входе (выходе таймера)	Состояние управляемого ключа
Проплавление колодцев	$X_{вх} < 0$	$X_{вых} = X_{вх}$	1 или 0	открыт для сигнала на опускание электрода
Проплавление колодцев	$0 \leq X_{вх} < K \cdot X_{вх}$	$X_{вых} = 0$	0	закрыт для сигнала на подъем электрода
Проплавление колодцев	$X_{вх} \geq K \cdot X_{вх}$	$X_{вых} = X_{вх}$	0	открыт для сигнала на подъем электрода, закрыт после отработки рассогласования
Остальные периоды плавки	$0 \geq X_{вх} > 0$	$X_{вых} = X_{вх}$	1	открыт для сигналов на подъем и опускание электрода

В табл.1  $K > 1$  - коэффициент, выбираемый из условия допустимой длительной перегрузки по току печного трансформатора. После превышения входным сигналом значения  $X_{вх} \geq K \cdot X_{вх}$  сигнал на выходе управляемого ключа сохраняется равным выходному сигналу блока зоны нечувствительности до полной отработки эксплуатационного короткого замыкания (до введения регулируемого параметра в пределы зоны нечувствительности). При  $X_{вх} = 0$  память отработки регулятором существенного возмущения (измененного состояния управляемого ключа под воздействием  $X_{вх} \geq K \cdot X_{вх}$ ) сбрасывается. Время работы регулятора в режиме неререверсивного регулирования задается при помощи таймера. После проплавления колодцев в шихте сигнал на выходе управляемого ключа определяется сигналом на выходе блока зоны нечувствительности ( $X_{вых} = X_{вх}$ , что соответствует режиму реверсивного регулирования).

Однако данный регулятор в режиме неререверсивного регулирования поддерживает вводимую в дуговую печь мощность на уровне нижней границы зоны нечувствительности, что вследствие недобора энергии снижает производительность печи и увеличивает удельный расход электроэнергии. Кроме того, такой регулятор при непрерывном подъеме уровня жидкого металла в ванне печи после проплавления колодцев поддерживает вводимую в печь мощность на уровне верхней границы зоны нечувствительности, что вследствие перебора энергии отклоняет электрический режим печи от оптимального (заданного) и снижает ее экономические показатели.

Задачей изобретения является повышение точности поддержания заданного электрического режима в периоды проплавления колодцев и непрерывном подъеме уровня жидкого металла в ванне печи путем установки нижней границы статической зоны нечувствительности в период проплавления колодцев и верхней границы в период подъема уровня жидкого металла на уровне номинального (заданного) значения.

Указанный технический результат достигается тем, что известный регулятор мощности дуговой сталеплавильной печи, содержащий для каждой фазы печи задатчик мощности, первый управляемый ключ с двумя управляющими входами, блок зоны нечувствительности, выход которого соединен с входом первого управляемого ключа и с его первым управляющим входом, выход первого управляемого ключа соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, первый таймер, выход которого соединен с вторым управляющим входом первого управляемого ключа, дополнительно снабжен вторым и третьим управляемыми ключами, вторым таймером, двумя источниками постоянного напряжения и сумматором, первый вход которого соединен с выходом задатчика мощности, а второй вход соединен с выходом второго управляемого ключа, вход которого соединен с выходом первого источника постоянного напряжения, а первый управляющий вход - с вторым управляющим входом первого управляемого ключа, с первым управляющим входом третьего управляемого ключа, с выходом первого таймера и с входом второго таймера, выход которого соединен с первым управляющим входом второго управляемого ключа, второй вход которого соединен с выходом второго источника постоянного напряжения, а выход - с третьим входом сумматора.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что заявляемый регулятор мощности при наличии в его структуре дополнительно сумматора, второго таймера, второго и третьего управляемых ключей и двух источников постоянного напряжения позволяет повысить точность поддержания заданного электрического режима и экономические показатели электропечной установки.

Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию "Новизна".

Сравнение заявляемого решения не только с прототипом, но и с другими техническими решениями в данной области техники не позволило выявить в них признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о соответствии критерию "Изобретательский уровень".

Сущность предлагаемого технического решения подтверждается чертежом (фиг.1), на котором представлена схема регулятора мощности дуговой сталеплавильной печи.

Регулятор содержит управляемый реверсивный преобразователь 1, на выход которого подключен двигатель 2 перемещения электрода 3. Вход управляемого реверсивного преобразователя 1 соединен с выходом первого управляемого ключа 4, вход 5 и первый управляющий вход 6 которого соединены с выходом блока 7 зоны нечувствительности, выход которого соединен с выходом сумматора 8. Первый вход 9 сумматора 8 соединен с выходом задатчика мощности 10, а второй вход 11 соединен с выходом второго управляемого ключа 12, вход 13 которого соединен с выходом первого источника постоянного напряжения 14, а первый управляющий вход 15 - с вторым управляющим входом 16 первого управляемого ключа 4, с первым управляющим входом 17 третьего управляемого ключа 18, с выходом первого таймера 19 и с входом второго таймера 20, выход которого соединен с первым управляющим входом 21 второго управляемого ключа 18, второй вход которого соединен с выходом второго источника постоянного напряжения 22, а выход - с третьим входом 23 сумматора 8.

Регулятор работает следующим образом.

При пуске печи двигатель 2 под действием напряжения с выхода блока 7 зоны нечувствительности перемещает электрод 3 вниз. При упоре электрода 3 в шихту зажигается электрическая дуга и начинается процесс проплавления колодцев. В это время отсутствует сигнал на выходе первого таймера 19, третий управляемый ключ 18 закрыт, второй управляемый ключ 12 открыт и на вход 11 сумматора 8 поступает напряжение смещения "вправо" характеристики "вход-выход" блока 7 с выхода источника постоянного напряжения 14. Вследствие чего нижняя граница зоны нечувствительности блока 7 по току дуги устанавливается на уровне номинального значения. По мере расплавления шихты жидкий металл стекает на подину печи, и длина электрической дуги увеличивается. При этом вводимая в печь мощность уменьшается, и на входе блока 7 зоны нечувствительности появляется напряжение прямой полярности, которое через постоянно открытый для сигнала отрицательного рассогласования первый управляемый ключ 4 поступает на вход управляемого

реверсивного преобразователя 1. При этом двигатель 2 перемещает электрод 3 вниз до устранения рассогласования (до вхождения в зону нечувствительности, нижней границе которой соответствует номинальное (заданное) значение мощности дуги). Таким образом, в период проплавления колодцев в твердой шихте происходит постоянное перемещение электрода 3 вниз. При этом регулятор поддерживает вводимую в дуговую печь мощность на уровне нижней границы зоны нечувствительности, соответствующей номинальному значению тока дуги.

При наличии положительного отклонения режима печи от заданного значения на выходе блока 7 зоны нечувствительности появляется напряжение обратной полярности. Однако это напряжение не поступает на вход реверсивного преобразователя 1, так как закрыт для сигнала положительного рассогласования первый управляемый ключ 4, двигатель 2 затормаживается, и опускание электрода 3 прекращается. Сигнал положительного рассогласования в этом случае отрабатывается за счет растяжки электрической дуги вследствие стекания жидкого металла на подину печи.

При наличии больших положительных возмущений, обусловленных эксплуатационными короткими замыканиями, открывается первый управляемый ключ 4 для сигнала положительного рассогласования за счет роста уровня сигнала на его управляющем входе 6, на вход реверсивного преобразователя 1 поступает скачкообразный сигнал и двигатель 2 разгоняется до маршевой скорости, перемещая электрод 3 вверх. После устранения рассогласования ключ 4 закрывается, и работа регулятора повторяется в описанном порядке.

По окончании проплавления колодцев и истечении выдержки времени первого таймера 19 появляется сигнал на его выходе, на втором управляющем входе 16 первого управляемого ключа 4, первый управляемый ключ открывается для сигнала положительного рассогласования и регулятор переходит в режим реверсивного регулирования. Одновременно появляются сигналы на управляющих входах 15 и 17 второго и третьего управляемых ключей 12 и 18. Управляемый ключ 12 закрывается, отключая источник постоянного напряжения 14 от входа 11 сумматора 8, а управляемый ключ 18 открывается, подключая второй источник постоянного напряжения к входу 23 сумматора 8. Характеристика "вход-выход" блока 7 смещается "влево", и верхняя граница порога его чувствительности по току дуги устанавливается на уровне номинального значения. При наличии положительного рассогласования (вследствие подъема уровня жидкого металла) в режиме реверсивного регулирования сигнал с выхода блока 7 зоны нечувствительности поступает через открытый ключ 4 на вход управляемого преобразователя 1, двигатель 2 перемещает электрод 3 вверх до устранения рассогласования. При этом регулятор поддерживает вводимую в печь мощность на уровне верхней границы зоны нечувствительности, соответствующей номинальному значению тока дуги.

По окончании периода расплавления и истечении выдержки времени второго таймера 20 появляется сигнал на его выходе и на управляющем входе 21 ключа 18, ключ 18 отключает второй источник постоянного напряжения от третьего входа 23 сумматора 8. Вследствие чего пороги чувствительности блока 7 устанавливаются равными относительно номинального значения регулируемого параметра.

Таким образом, предлагаемый регулятор на период проплавления колодцев сдвигает характеристику "вход-выход" блока зоны нечувствительности "вправо", тем самым поднимая нижнюю границу нечувствительности регулятора до номинального уровня, а в период расплавления "влево", опуская верхнюю границу нечувствительности регулятора также до номинального уровня, что позволяет сократить удельный расход электроэнергии, повысить точность поддержания заданного электрического режима и производительность печи.

Для понимания сущности предлагаемого авторами технического решения приведем более детальное описание процессов, происходящих при регулировании электрического режима в дуговой сталеплавильной печи, с использованием известных регуляторов и предлагаемого.

В известном решении на  $i$ -ом отрезке времени периода проплавления колодцев в твердой шихте (при отсутствии обвалов) при остановленном электроде происходит непрерывная растяжка электрической дуги за счет стекания расплавляемого металла на подину печи и снижение тока дуги. При превышении величины отрицательного рассогласования по току "левого" порога чувствительности блока зоны нечувствительности (точка  $a_1 = -\Delta/2$  характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.2) регулятор опускает электрод до устранения рассогласования.

В этот период "уход" регулируемого параметра "влево" за границу "левого" порога чувствительности отрабатывается регулятором путем опускания электрода, а "вправо" - объектом регулирования за счет неизбежной растяжки дуги. Вследствие чего таким регулятором в период проплавления колодцев обеспечивается стабилизация тока дуги на уровне  $I=I_{\min}$ , соответствующем "левому" порогу чувствительности блока зоны нечувствительности, меньше заданного  $I_3$  (точка 0 характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.2). Этим обстоятельством и объясняется снижение производительности печи и увеличение удельного расхода электроэнергии.

По окончании проплавления колодцев на  $j$ -ом отрезке времени расплавления твердой шихты (при отсутствии обвалов) при остановленном электроде растет уровень жидкого металла в ванне печи, и длина дуги уменьшается, при этом ток дуги увеличивается, и электроды печи под воздействием таких регуляторов постоянно поднимаются вверх. При превышении величины положительного рассогласования по току "правого" порога чувствительности блока зоны нечувствительности (точка  $a_2=\Delta/2$  характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.2) регулятор поднимет электрод до устранения рассогласования.

В этот период "уход" регулируемого параметра "вправо" за границу "правого" порога чувствительности отрабатывается регулятором путем подъема электрода, а "влево" - объектом регулирования за счет неизбежного роста уровня жидкого металла. Вследствие чего таким регулятором в период расплавления твердой шихты обеспечивается стабилизация тока дуги на уровне  $I=I_{\max}$ , соответствующем "правому" порогу чувствительности блока зоны нечувствительности, больше заданного  $I_3$  (точка 0 характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.2). Этим обстоятельством и объясняется отклонение электрического режима печи от оптимального (заданного) и снижение ее экономических показателей.

В предлагаемом решении на  $i$ -ом отрезке времени периода проплавления колодцев в твердой шихте (при отсутствии обвалов) при остановленном электроде также происходит непрерывная растяжка электрической дуги за счет стекания расплавленного металла на подину печи и снижение тока дуги. При превышении величины отрицательного рассогласования по току "левого" порога чувствительности блока зоны нечувствительности, смещенного в точку 0 (точка  $a_1=0$ , смещенная "вправо", характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности с порогами чувствительности -  $a_1=0$  и  $a_2=\Delta$ , фиг.3а), предлагаемый регулятор опускает электрод до устранения рассогласования.

В этот период "уход" регулируемого параметра "влево" за границу "левого" порога чувствительности, соответствующего заданному электрическому режиму, отрабатывается предлагаемым регулятором также путем опускания электрода, а "вправо" - объектом регулирования за счет неизбежной растяжки дуги. Вследствие чего таким регулятором совместно с объектом регулирования в период проплавления колодцев обеспечивается стабилизация тока дуги на уровне  $I=I_{\min}$ , соответствующем "левому" порогу чувствительности блока зоны нечувствительности, равному заданному  $I_3$  (точка  $a_1=0$ , смещенная "вправо" на период проплавления колодцев, характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.3а). Этим обстоятельством объясняется повышение производительности печи и снижение удельного расхода электроэнергии.

По окончании проплавления колодцев на  $j$ -ом отрезке времени расплавления твердой шихты (при отсутствии обвалов) при остановленном электроде растет уровень жидкого металла в ванне печи, длина дуги уменьшается, при этом ток дуги увеличивается, и электроды печи под воздействием предлагаемого регулятора также постоянно поднимаются вверх. При превышении величины положительного рассогласования по току "правого" порога чувствительности блока зоны нечувствительности, смещенного в точку 0 (точка  $a_2=0$ , смещенная "влево", характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности с порогами чувствительности -  $a_1=-\Delta$  и  $a_2=0$ , фиг.3б), регулятор поднимет электрод до устранения рассогласования.

В этот период "уход" регулируемого параметра "вправо" за границу "правого" порога чувствительности отрабатывается регулятором также путем подъема электрода, а "влево" - объектом регулирования за счет неизбежного роста уровня жидкого металла. Вследствие чего таким регулятором совместно с объектом регулирования в период расплавления твердой шихты обеспечивается стабилизация тока дуги на уровне  $I=I_{\max}$ , соответствующем "правому" порогу чувствительности блока зоны нечувствительности, равному заданному  $I_3$  (точка 0, смещенная "влево",

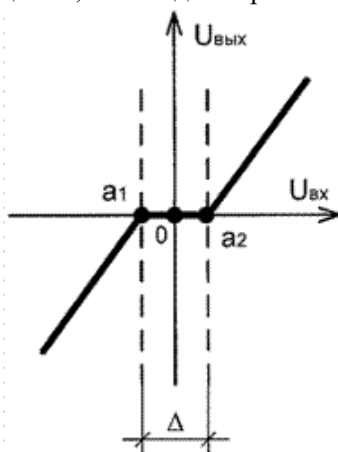
характеристики "вход-выход" блока зоны нечувствительности, фиг.3б). Этим обстоятельством и объясняется исключение отклонения электрического режима печи от заданного значения и повышение ее экономических показателей.

Источники информации

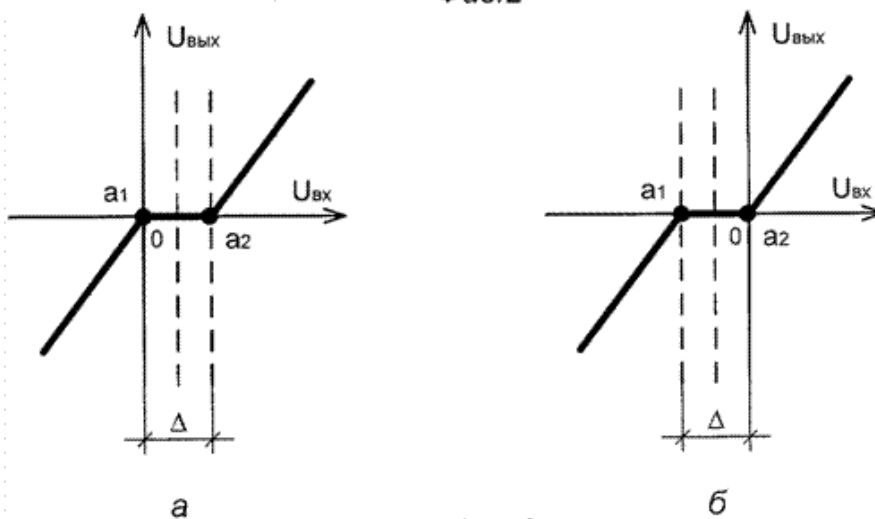
1. Авторское свидетельство СССР №463241, кл. H05B 7/148, 1973.
2. Авторское свидетельство СССР №678732, кл. H05B 7/148, 1979.
3. Авторское свидетельство СССР №1365375, кл. H05B 7/148, 1987.

#### Формула изобретения

Регулятор мощности дуговой сталеплавильной печи, содержащий для каждой фазы печи задатчик мощности, первый управляемый ключ с двумя управляющими входами, блок зоны нечувствительности, выход которого соединен с входом первого управляемого ключа и с его первым управляющим входом, выход первого управляемого ключа соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, первый таймер, выход которого соединен с вторым управляющим входом первого управляемого ключа, отличающийся тем, что он дополнительно снабжен вторым и третьим управляемыми ключами, вторым таймером, двумя источниками постоянного напряжения и сумматором, первый вход которого соединен с выходом задатчика мощности, а второй вход соединен с выходом второго управляемого ключа, вход которого соединен с выходом первого источника постоянного напряжения, а первый управляющий вход - с вторым управляющим входом первого управляемого ключа, с первым управляющим входом третьего управляемого ключа, с выходом первого таймера и с входом второго таймера, выход которого соединен с управляющим входом второго управляемого ключа, вход которого соединен с выходом второго источника постоянного напряжения смещения, а выход - с третьим входом сумматора.



Фиг.2



Фиг.3

ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок  
пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **27.11.2011**

Дата публикации: [27.09.2012](#)